

**XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO
NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS**

**O USO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA
SELEÇÃO DE ÁREAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DO PIAUÍ**

Zuleica Carmem Castilhos ²; Ricardo Sierpe Vidal Silva ¹⁻²; Marcelo André de Souza ²; Jéssica
Leite ²; Adão Benvindo da Luz ²

RESUMO

O presente artigo faz parte do projeto “Avaliação de risco à saúde humana como ferramenta à gestão dos recursos hídricos subterrâneos no estado do Piauí”. A região nordeste do Brasil é tradicionalmente conhecida pela escassez de água superficial e dependência de água subterrânea, bem como pelos baixos níveis de desenvolvimento socioeconômico. O estado do Piauí está dividido em duas províncias hidrogeológicas, a maior delas é representada pela Bacia Sedimentar do Parnaíba, na qual fornece a maior parte da água subterrânea. Já o Embasamento Cristalino ocupa a menor parte do território do estado, havendo nesta região uma ausência de rios perenes. O objetivo geral deste trabalho é realizar, por meio da utilização da Geotecnologia, um estudo de caracterização social, econômica e ambiental do estado do Piauí, em um SIG, com informações dos órgãos oficiais governamentais, para fornecer subsídios necessários ao estabelecimento de atividades antropogênicas e contaminantes prioritários. Estas informações orientarão a avaliação da qualidade da água subterrânea, onde serão priorizados níveis referenciais de qualidade e impactos ambientais decorrentes de atividades econômicas, incluindo a mineração.

1 UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – Programa de Pós-Graduação em Geociências – Mestrado em Geoquímica Ambiental. Outeiro São João Baptista s/n. Centro. Niterói. RJ. CEP: 24020-141. Tel: (21) 2629-2218. e-mail: ricardo.sierpe@gmail.com

2 CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL – CETEM/MCT. Avenida Pedro Calmon, 900. Cidade Universitária. Rio de Janeiro. RJ. CEP: 21941-908. Tel.: (21) 3865-7389. e-mail: dgomes@cetem.gov.br

ABSTRACT

This article is a component of the project “Human health risk assessment as a tool groundwater management in the Piauí State”. The Brazilian Northeastern region is traditionally known for the scarcity of surface water and the groundwater dependence, associated with low levels of socioeconomic development. The State of Piauí is divided into two hydrogeological provinces, Parnaíba Sedimentary Basin and Crystalline Basin. The objective of this work is accomplished, by using the Geotechnology, a social, economic and environmental characterization of Piauí State. These procedures will result in a GIS with governmental data, providing technical support to establish priority areas for groundwater quality evaluation, where references criteria as well as environmental impacted areas by economic activities, including mining, will have prioritized in the next studies.

PALAVRAS-CHAVE: Águas Subterrâneas, Meio Ambiente, Banco de Dados Geográfico

1 – INTRODUÇÃO

No Brasil, a água subterrânea é intensamente explorada, sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer (BRASIL, 2007). Embora o uso do manancial subterrâneo seja complementar ao superficial em muitas regiões, em outras áreas do país a água subterrânea representa o principal manancial hídrico. O Estado do Piauí conta com extensas áreas de elevado potencial de águas subterrâneas, sendo usada por mais de 80% de suas cidades (BRASIL, 2007).

O estado do Piauí está dividido em duas províncias hidrogeológicas, uma representada pelos sedimentos que constituem a bacia sedimentar do Parnaíba, onde se encontra aproximadamente 80% do estado, e destacam-se as unidades Serra Grande, Cabeças e Poti-Piauí e a segunda, que constitui o embasamento cristalino.

Entretanto, o projeto ARIDAS (BRASIL, 1995) já indicava a necessidade de se pesquisar a poluição potencial e real em aquíferos, nas áreas urbanas, industriais e irrigáveis, no semi-árido brasileiro, onde são apontados fontes de contaminação tanto em áreas rurais quanto nas urbanas. A contaminação de águas subterrâneas pode causar riscos toxicológicos à saúde humana e ao meio ambiente.

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana, recomendada pela United States Environmental Protection Agency-USEPA (1989) consiste na geração de índices ou quantificações do risco com base em modelos biológicos e estatísticos resultantes da interrelação da toxicidade de substâncias presentes no meio ambiente e da potencial exposição ambiental humana. Composta de 4 etapas (caracterização das potenciais fontes e modelo conceitual; avaliação da exposição, avaliação da toxicidade e caracterização de riscos) tem como fase inicial a caracterização das potenciais fontes de contaminação ambiental.

As fontes naturais são relacionadas às características geológicas e biogeoquímicas, enquanto que as fontes antropogênicas estão usualmente relacionadas à gestão inadequada de rejeitos domésticos, de indústrias químicas, petroquímicas, metalúrgicas, de mineração e aplicação de agroquímicos (Gímeno-Garcia et al. 1996; Mattschullat, 2000). Às diferentes fontes estão relacionados distintos contaminantes os quais devem ser prioritariamente monitorados.

2 – OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um banco de dados em SIG para organizar as informações existentes, visando a caracterização social, econômica e ambiental do estado do Piauí, com a finalidade de identificar as principais fontes antropogênicas, como subsidio para a seleção de contaminantes prioritários para monitoramento, contribuindo, assim, para a melhoria do gerenciamento ambiental das águas subterrâneas do estado do Piauí.

2.1 - Objetivos específicos

O objetivo geral será atingido por meio dos seguintes objetivos específicos: a) Fornecer uma análise espacial das condições sociais, econômicas e ambientais, dos municípios do estado do Piauí; b) Fornecer informações consistentes para a documentação e avaliação de espaços geográficos que apresentem risco à saúde pública via ingestão de águas subterrâneas e, c) Prover uma estrutura básica de informações para comparar os potenciais riscos à saúde humana.

3 – METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em: a) selecionar os planos de informações contendo as condições demográficas, socioeconômicas, naturais e ambientais dos municípios do estado do

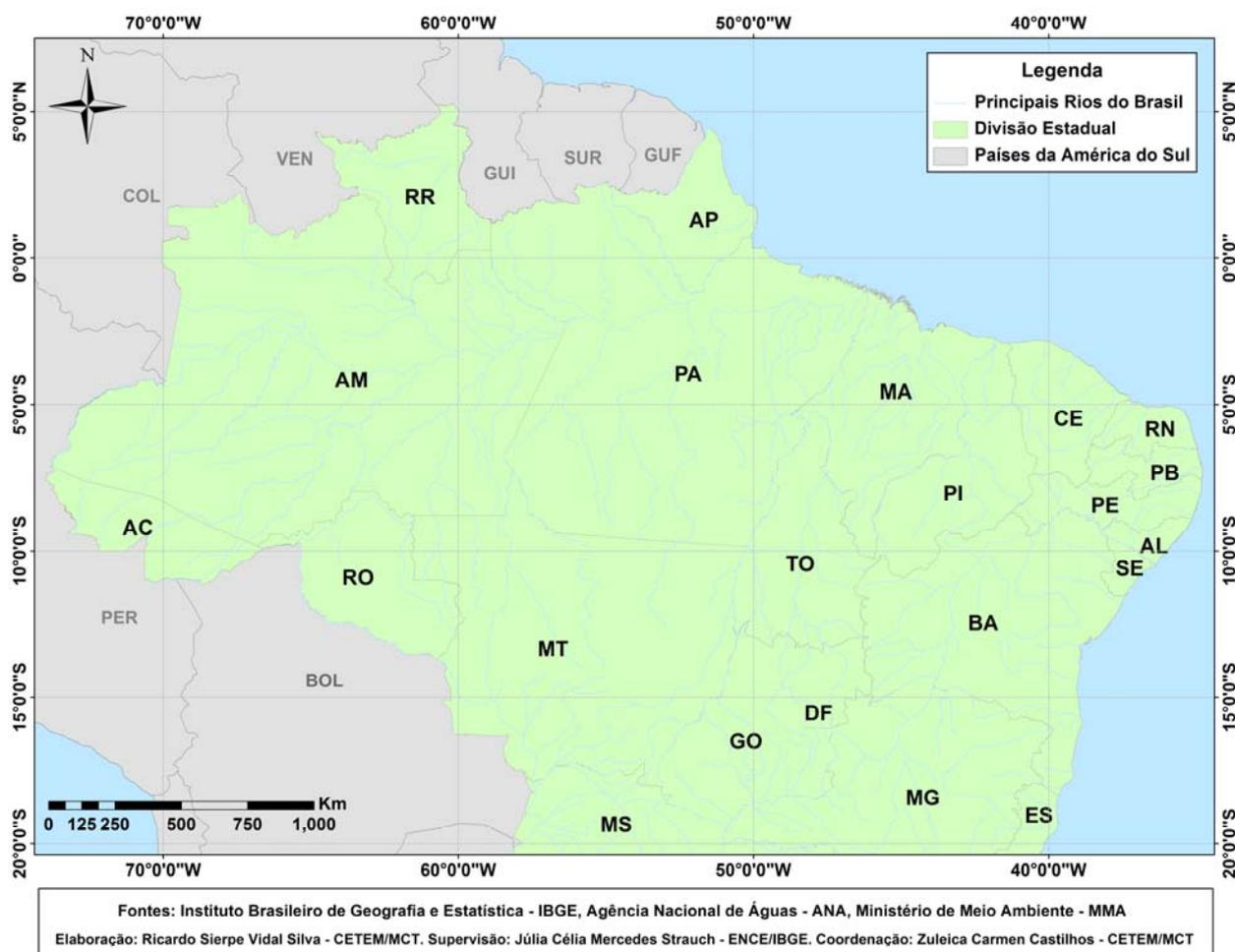
Piauí, oriundas dos órgãos oficiais governamentais como IBGE, ANA, CPRM, DNPM, entre outros; b) sobrepor e cruzar os referidos planos de informação a fim de selecionar os locais que apresentam uma maior vulnerabilidade de contaminação ambiental; c) posteriormente, a esta sobreposição, serão selecionados poços cadastrados no SIAGAS, dentre os quais possuam suas localizações espaciais inseridas nas áreas de maior vulnerabilidade ao risco a saúde humana, para que sejam realizadas nestes poços pré-selecionados, as análises dos parâmetros físico-químicos, teores de contaminantes-traços, metais de toxicidade importante e análises microbiológicas na água subterrânea, em função das atividades antropogênicas identificadas no território. Tendo em vista a avaliação de espaços que apresentem perigo à saúde pública, tem-se utilizado um software específico para operações em um Sistema de Informação Geográficas – SIG. Esta metodologia será aplicada para ambas as províncias hidrogeológicas (Sedimentar e Cristalino), com a intenção de produzir resultados comparáveis, a partir de técnicas de geoprocessamento largamente disseminadas pelos usuários do software ArcGis 9.3.

O banco de dados gerado para este trabalho, no presente momento, contém as informações relacionadas, sobretudo, com a caracterização física, social e econômica dos municípios do Piauí. Os dados utilizados foram: Censo Demográfico 2000 (IBGE), Produção Agrícola Municipal 2008 (IBGE), Cadastro Central de Empresas 2006 (IBGE), Pesquisa Pecuária Municipal 2008 (IBGE), Contagem da População 2009 (IBGE), Mapa Geológico de Estado do Piauí (CPRM), Malha Municipal Digital 2007 (IBGE), Mapa da Geodiversidade do Estado do Piauí (CPRM), Rede Hidrográfica Nacional (ANA).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Estado do Piauí está situado entre os pontos extremos: $-2^{\circ} 44' 49''$ e $-10^{\circ} 55' 05''$ e $-40^{\circ} 22' 12''$ e $-45^{\circ} 59' 42''$. Limita-se com os estados do Ceará e Pernambuco a leste, com o estado da Bahia ao sul e sudeste, com o estado de Tocantins a sudoeste, tendo no curso do rio Parnaíba a demarcação da fronteira com o estado do Maranhão a oeste, e ao norte encontra-se o seu reduzido litoral (60 km de extensão), ligando o estado com o Oceano Atlântico, o Piauí possui cerca de 252.378 km² de território, correspondendo a aproximadamente cerca de 3 % do território nacional, (ver Figura 1).

Figura 1 – Localização do Estado do Piauí



De acordo com os dados do IBGE para o ano de 2009, o estado possui 224 municípios, distribuídos por suas quatro mesorregiões {Centro-Norte Piauiense; Norte Piauiense; Sudeste Piauiense; Sudoeste Piauiense} e quinze microrregiões {Alto Médio Canindé; Alto Médio Gurguéia; Alto Parnaíba Piauiense; Baixo Parnaíba Piauiense; Bertolândia; Chapadas do Extremo Sul Piauiense; Campo Maior; Floriano; Litoral Piauiense; Médio Parnaíba Piauiense; Picos; Pio IX; São Raimundo Nonato; Teresina; Valença do Piauí}, (ver Tabela 1). A capital do Estado é Teresina e também a cidade mais populosa, com 802.537 hab., seguida por Parnaíba 146.059 hab., Picos 73.021 hab. e Floriano 57.968 hab.

Tabela 1. Mesorregiões X Microrregiões X Municípios do estado do Piauí. Fonte: IBGE, Malha Digital Municipal 2007.		
Norte Piauiense	Baixo Parnaíba Piauiense	Barras, Batalha, Boa Hora, Brasileira, Cabeceiras do Piauí, Campo Largo do Piauí, Esperantina, Joaquim Pires, Joca Marques, Luzilândia, Madeiro, Matias

		Olímpio, Miguel Alves, Morro do Chapéu do Piauí, Nossa Senhora dos Remédios, Piripiri, Porto, São João do Arraial
	Litoral Piauiense	Bom Princípio do Piauí, Buriti dos Lopes, Cajueiro da Praia, Caraúbas do Piauí, Caxingó, Cocal, Cocal dos Alves, Ilha Grande, Luís Correia, Murici dos Portelas, Parnaíba, Piracuruca, São João da Fronteira, São José do Divino
Centro Norte Piauiense	Campo Maior	Alto Longá, Assunção do Piauí, Boqueirão do Piauí, Buriti dos Montes, Campo Maior, Capitão de Campos, Castelo do Piauí, Cocal de Telha, Domingos Mourão, Jatobá do Piauí, Juazeiro do Piauí, Lagoa de São Francisco, Milton Brandão, Nossa Senhora de Nazaré, Novo Santo Antônio, Pedro II, São João da Serra, São Miguel do Tapuio, Sigefredo Pacheco
	Médio Parnaíba Piauiense	Agricolândia, Água Branca, Amarante, Angical do Piauí, Arraial, Barro Duro, Francisco Ayres, Hugo Napoleão, Jardim do Mulato, Lagoinha do Piauí, Olho D'Água do Piauí, Palmeirais, Passagem Franca do Piauí, Regeneração, Santo Antônio dos Milagres, São Gonçalo do Piauí, São Pedro do Piauí
	Teresina	Altos, Beneditinos, Coivaras, Currálinhos, Demerval Lobão, José de Freitas, Lagoa Alegre, Lagoa do Piauí, Miguel Leão, Monsenhor Gil, Nazária, Pau D'Arco do Piauí, Teresina, União
	Valença do Piauí	Aroazes, Barra D'Alcântara, Elesbão Veloso, Francinópolis, Inhumá, Lagoa do Sítio, Novo Oriente do Piauí, Pimenteiras, Prata do Piauí, Santa Cruz dos Milagres, São Félix do Piauí, São Miguel da Baixa Grande, Valença do Piauí, Várzea Grande
Sudeste Piauiense	Alto Médio Canindé	Acauã, Bela Vista do Piauí, Belém do Piauí, Betânia do Piauí, Caldeirão Grande do Piauí, Campinas do Piauí, Campo Alegre do Fidalgo, Campo Grande do Piauí, Capitão Gervásio Oliveira, Caridade do Piauí, Conceição do Canindé, Cural Novo do Piauí, Floresta do Piauí, Francisco Macedo, Fronteiras, Isaías Coelho, Itainópolis, Jacobina do Piauí, Jaicós, João Costa, Lagoa do Barro do Piauí, Marcolândia, Massapê do Piauí, Nova Santa Rita, Padre Marcos, Paes Landim, Patos do Piauí, Paulistana, Pedro Laurentino, Queimada Nova, Ribeira do Piauí, Santo Inácio do Piauí, São Francisco de Assis do Piauí, São João do Piauí, Simões, Simplício Mendes, Socorro do Piauí, Vera Mendes, Vila Nova do Piauí,
	Picos	Aroeiras do Itaim, Bocaina, Cajazeiras do Piauí, Colônia do Piauí, Dom Expedito Lopes, Geminiano, Ipiranga do Piauí, Oeiras, Paquetá, Picos, Santa Cruz do Piauí, Santa Rosa do Piauí, Santana do Piauí, São João da Canabrava, São João da Varjota, São José do Piauí, São Luis do Piauí, Sussuapara, Tanque do

		Piauí, Wall Ferraz
	Pio IX	Alagoinha do Piauí, Alegrete do Piauí, Francisco Santos, Monsenhor Hipólito, Pio IX, Santo Antônio de Lisboa, São Julião
Sudoeste Piauiense	Alto Médio Gurguéia	Alvorada do Gurguéia, Barreiras do Piauí, Bom Jesus, Cristino Castro, Currais, Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Palmeira do Piauí, Redenção do Gurguéia, Santa Luz, São Gonçalo do Gurguéia
	Alto Parnaíba Piauiense	Baixa Grande do Ribeiro, Ribeiro Gonçalves, Santa Filomena, Uruçuí
	Bertolândia	Antônio Almeida, Bertolândia, Colônia do Gurguéia, Eliseu Martins, Landri Sales, Manoel Emídio, Marcos Parente, Porto Alegre do Piauí, Sebastião Leal
	Chapadas Do Extremo Sul Piauiense	Avelino Lopes, Corrente, Cristalândia do Piauí, Curimatá, Júlio Borges, Morro Cabeça no Tempo, Parnaguá, Riacho Frio, Sebastião Barros
	Floriano	Canavieira, Flores do Piauí, Floriano, Guadalupe, Itaueira, Jerumenha, Nazaré do Piauí, Pavussu, Rio Grande do Piauí, São Francisco do Piauí, São José do Peixe, São Miguel do Fidalgo
	São Raimundo Nonato	Anísio de Abreu, Bonfim do Piauí, Brejo do Piauí, Canto do Buriti, Caracol, Coronel José Dias, Dirceu Arcoverde, Dom Inocêncio, Fatura do Piauí, Guaribas, Jurema, Pajeú do Piauí, São Braz do Piauí, São Lourenço do Piauí, São Raimundo Nonato, Tamboril do Piauí, Várzea Branca

O Piauí divide-se em duas províncias quanto ao aspecto hidrogeológico. A maior delas é representada pelos sedimentos que constituem a bacia sedimentar do Parnaíba enquanto que a segunda, constitui o embasamento cristalino. A bacia sedimentar do Parnaíba tem no rio Parnaíba um eixo geral de drenagens superficial e subterrânea. Aproximadamente 80% do estado encontra-se sobre esta bacia, onde se destacam as unidades de Serra Grande, Cabeças e Poti-Piauí. A maior parte da água é utilizada para o consumo doméstico e/ou irrigação. O desenvolvimento socioeconômico dos municípios inseridos na bacia sedimentar do Parnaíba depende diretamente da disponibilidade de água, e é de fundamental importância, à consolidação de uma nova região produtiva no Brasil com potencial para a agricultura intensiva, turismo e indústria, fixando as populações em suas áreas de origem e inibindo o êxodo para metrópoles.

O embasamento cristalino ocupa cerca de 20% do estado. Esta região está sob influência do clima semi-árido, com ausência de rios perenes demanda o uso de águas subterrâneas. No entanto,

nesta área, os poços são de pouca profundidade (em torno de 60m), baixíssimas vazões (máxima de 2.000l/h) e de baixa qualidade. Não obstante, muitas vezes constituem a única fonte de água disponível e assume grande importância como fonte de abastecimento para pequenas comunidades rurais e para a pecuária.

O setor terciário (comércio e serviços) é responsável por quase 70% da formação de renda do Estado. Os setores primário (extrativismo vegetal, mineração, agricultura e pecuária) e o setor secundário (indústria), embora minoritários na formação da renda total, absorvem parcelas significativas da mão-de-obra, distribuídas entre as atividades de extrativismo vegetal, extrativismo mineral, pecuária e agricultura.

O Produto Interno Bruto (PIB) representa a soma de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região e é um dos indicadores mais utilizados com o objetivo de mensurar a atividade econômica de um lugar. No que diz respeito à economia brasileira, para o ano de 2007, o Produto Interno Bruto brasileiro alcançou o total de R\$ 2.661.346.000, e o estado do Piauí contribuiu com o total de R\$ 14.136.000, ou seja, o valor produzido pelo estado representou apenas 0.53% do PIB nacional, fato que deixou o estado na 23^a colocação dentre as 27 unidades federativas existentes no Brasil.

No que diz respeito à exploração, muitos jazimentos minerais tem sido explorados, entre eles: as jazidas de calcário dolomítico de José de Freitas, Barro Duro, Antonio Almeida, Porto Alegre do Piauí e Santa Filomena, jazidas de argilas especiais, nos municípios de Jaicós, Campo Grande do Piauí, Oeiras e Colônia do Piauí; jazidas de siltitos e folhelhos (conhecidos comercialmente por quartzito e ardósia), em Juazeiro do Piauí, Castelo do Piauí, Campo Maior, Piripipi, Pedro II e Piracuruca, jazidas de opalas em Pedro II e Buriti dos Montes, jazidas de diamantes em Gilbués, jazidas de minerais pesados em Luis Correia, jazida de caulim, em Luzilândia e Palmeiras, entre outros como pode se visto em (BRASIL, 2006-b).

Ainda há também as jazidas de mármore de Pio IX, os calcários de Fronteiras e Pio IX, de São Julião, as argilas refratárias, de Jaicós, a gipsita, de Simões e Betânia do Piauí, a vermiculita de Queimada Nova, a jazida de fosfato de Caracol, as jazidas de talco de Dirceu Arco-Verde, as jazidas de níquel, em Capitão Gervásio Oliveira, as jazidas de calcáreo cristalino em São Raimundo Nonato, Coronel Jose Dias, São Lourenço, Dom Inocêncio, Caracol e Curimatá e a jazida de manganês, em São Raimundo Nonato (BRASIL, 2005-b). Estes dados indicam a mineração como uma importante atividade econômica no Estado.

Recentemente, o SGB/CPRM finalizou o cadastramento de mais de 20.000 poços no estado do Piauí (BRASIL, 2006-d). Este recente inventário representa a uma grande iniciativa de gerenciamento dos recursos subterrâneos do estado, bem como a definição de reservas hídricas economicamente explotáveis (BRASIL, 2006-d). Entretanto, o referido monitoramento somente contempla a medida de parâmetros físico-químicos básicos (salinidade, sólidos dissolvidos e pH), deixando lacunas importantes no que se refere ao rastreamento de contaminantes associados ao uso da terra e de importância toxicológica, como metais tóxicos e contaminantes orgânicos, bem como a presença de patógenos fecais.

As principais fontes de contaminação estão comumente atreladas ao uso indiscriminado do solo, sendo, no estado do Piauí, sobretudo, as atividades estão associadas à agricultura e à mineração.

No setor agrícola, o estado do Piauí convive com dois tipos: a pequena agricultura familiar, tradicional, praticada em todo o estado, e a grande agricultura comercial, mecanizada, voltada para a produção de oleaginosas, de grãos e de algodão, praticada nos cerrados piauienses, conforme análises apresentadas abaixo (ver Tabelas 2 a 6).

Considerando as culturas permanentes, mais da metade da área plantada no estado ocorre em apenas 10 municípios, ou seja, é concentrada em 4% dos municípios, sendo que mais de 97% da área plantada com tais culturas, corresponde à castanha de caju, sendo, portanto, a principal cultura permanente do Estado do Piauí (ver Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Porcentagem do total da área plantada permanente dos municípios do estado do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Município	% da área permanente
Pio IX	19,08%
São Raimundo Nonato	9,92%
Francisco Santos	4,04%
Monsenhor Hipólito	3,87%
Alagoinha do Piauí	3,82%
Santo Antônio de Lisboa	3,19%
Jaicós	2,86%

Cocal	2,57%
Dom Expedito Lopes	1,97%
Cocal dos Alves	1,82%
Soma dos 10 primeiros Municípios	53,15%

Tabela 3 – porcentagem do tipo de cultura permanente plantada no Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Tipo de Cultura Permanente	% da Área
Castanha de caju	97.09%
Banana (cacho)	0.99%
Coco-da-baía	0.76%
Manga	0.64%
Laranja	0.24%
Goiaba	0.09%
Algodão arbóreo (em caroço)	0.09%
Limão	0.06%
Mamão	0.01%
Tangerina	0.01%
Maracujá	0.01%
Urucum (semente)	0.01%
Abacate	0.00%

Os produtos da lavoura temporária (arroz, milho, feijão, mandioca, algodão e cana-de-açúcar) constituem uma prática tradicional disseminada por todo o estado (ver Tabela 5), exceto a cana-de-açúcar na faixa leste, semi-árida (BRASIL, 2006). As culturas temporárias estão distribuídas por todos os municípios do estado, sendo divididas em pequena e grande agricultura, de subsistência (feijão, arroz e mandioca) e de grandes investimentos (milho e soja), respectivamente. Dezoito municípios respondem por toda a produção de soja do estado, sendo que mais de 80% da área plantada de soja está localizada em seis municípios, do cerrado piauiense (ver Tabela 6).

Os produtos de lavoura temporária são cultivados em grandes fazendas, por vezes mecanizadas e na agricultura familiar, referida anteriormente. Em destaque, a sojicultura, principalmente na região sudoeste, entre os rios Parnaíba e Gurgéia (ver Tabela 6), e a partir dela, começa a instalar-se grandes unidades agroindustriais, como a Bunge. Em menos de 10 anos, a produção de soja nos cerrados piauienses aumentou mais de 100 vezes em área, atingindo mais de 100.000 Ha e três vezes em rendimento (Kg/Ha).

Tabela 4 – Porcentagem do tipo de cultura temporária plantada do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Tipo de Cultura Temporária	% da Área
Milho (em grão)	28.66%
Soja (em grão)	24.96%
Feijão (em grão)	23.48%
Arroz (em casca)	14.04%
Mandioca	5.44%
Algodão herbáceo (em caroço)	1.44%
Cana-de-açúcar	1.24%
Mamona (baga)	0.27%
Melancia	0.23%
Fava (em grão)	0.20%
Tomate	0.02%
Melão	0.01%
Batata-doce	0.01%

Tabela 5 – Porcentagem do total da área plantada Temporária dos municípios do estado do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Município	% da área temporária
Uruçuí	8.99%
Baixa Grande do Ribeiro	6.01%

Ribeiro Gonçalves	4.87%
Bom Jesus	3.87%
Santa Filomena	2.80%
Gilbués	1.70%
Pio IX	1.43%
Currais	1.35%
Canto do Buriti	1.32%
São Miguel do Tapuio	1.30%
Cocal	1.30%
Sebastião Leal	1.30%
Monte Alegre do Piauí	1.23%
Alagoinha do Piauí	1.14%
Jaicó	1.13%
Palmeira do Piauí	1.03%

Tabela 6 – Porcentagem da área plantada de Soja nos municípios do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Município	% área plantada de Soja
Uruçuí	28.71%
Baixa Grande do Ribeiro	16.33%
Ribeiro Gonçalves	16.11%
Bom Jesus	11.05%
Santa Filomena	6.28%
Gilbués	4.60%
Currais	4.25%
Monte Alegre do Piauí	3.32%
Palmeira do Piauí	2.84%
Sebastião Leal	2.07%
Alvorada do Gurguéia	1.50%

Antônio Almeida	1.21%
Landri Sales	0.69%
Manoel Emídio	0.54%
Porto Alegre do Piauí	0.39%
Piracuruca	0.06%
Cristalândia do Piauí	0.03%
Corrente	0.03%

A atividade pecuária apresenta-se também concentrada espacialmente, ainda que menos do que a agricultura permanente (ver Tabela 2), sendo a soma do total de efetivos dos rebanhos, nos dez primeiros municípios pecuaristas do estado do Piauí, representa menos de 30% do total dos efetivos. Teresina é o principal produtor, correspondendo a quase 15% do total dos efetivos (ver Tabela 7).

Ainda sobre a atividade pecuária do estado do Piauí verifica-se que a mesma está centrada na avicultura (mais de 60% do efetivo), em bovinos, ovinos, caprinos e suínos (ver Tabela 8).

A bovinocultura tem como principais representantes, os municípios de Corrente e Parnaguá que representam respectivamente 2,56% e 2,23% da produção total, pois mesmo com estas porcentagens baixas se destacam dentre os demais com porcentagens muita mais baixas e portanto bem pulverizadas pelos municípios do Piauí. (ver Tabela 10)

A ovinocultura e a suinocultura melhoradas são as atividades preferenciais de grandes proprietários rurais, enquanto os pequenos/médios proprietários ocupam-se do criatório de ovinos, caprinos e suínos comuns (ver Tabela 9), visando o abastecimento familiar de proteína animal. Mais recentemente, tem havido interesse na apicultura, cajacultura e criação de camarões.

Tabela 7 – Porcentagem da Soma do Total dos Efetivos dos Rebanhos nos Municípios do Estado do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Município	% do Total
Teresina	14,69%
Altos	2,67%

Lagoa do Piauí	1,96%
Campo Maior	1,85%
União	1,80%
Floriano	1,72%
Barras	1,35%
Valença do Piauí	1,28%
Parnaíba	1,24%
Batalha	1,21%
Soma dos 10 primeiros Municípios	29,77%

Tabela 8 – Porcentagem da Soma do Total dos Efetivos dos Rebanhos do Estado do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008

Rebanhos	% do total da soma dos efetivos
Galos, frangas, frangos e pintos	47,52%
Galinhas	15,10%
Bovino	10,68%
Ovino	8,81%
Caprino	8,36%
Suíno	7,02%
Asinino	1,21%
Equino	0,89%
Muar	0,22%
Codornas	0,19%
Bubalino	0,00%
Coelhos	0,00%

Tabela 9 – Porcentagem da Soma do Total Rebanhos por Tipo de Efetivos nos Municípios do Estado do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008	
Município	Ovino
Dom Inocêncio	3,98%
Jacobina do Piauí	2,46%
Campo Maior	2,16%
Pio IX	1,98%
Paulistana	1,97%
São Miguel do Tapuio	1,94%
Betânia do Piauí	1,90%
Dirceu Arcoverde	1,76%
Alto Longá	1,76%
Elesbão Veloso	1,61%
Município	Caprino
Dom Inocêncio	3,72%
Batalha	2,45%
São Raimundo Nonato	2,36%
São Miguel do Tapuio	1,87%
Castelo do Piauí	1,75%
Pedro II	1,67%
Alto Longá	1,66%
Barras	1,65%
José de Freitas	1,61%
Piripiri	1,54%

Município	Suíno
Barras	2,90%
União	2,89%
Miguel Alves	2,82%
Batalha	2,02%
José de Freitas	1,94%
Altos	1,72%
Luzilândia	1,60%
Pedro II	1,53%
Piripiri	1,47%
Campo Maior	1,44%

Tabela 10 - Porcentagem da Soma do Total do Rebanho Bovino nos Municípios do Estado do Piauí. Fonte: IBGE – Ano Base: 2008

Município	Bovino
Corrente	2.56%
Parnaguá	2.23%
Bom Jesus	1.73%
Campo Maior	1.73%
Oeiras	1.50%
São Miguel do Tapuio	1.49%
Sebastião Barros	1.38%
Aroazes	1.38%
Batalha	1.29%
Cristalândia do Piauí	1.26%
Teresina	1.24%
Floriano	1.24%
Curimatá	1.23%
Piracuruca	1.12%

Elesbão Veloso	1.06%
Barras	1.04%

5- CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicam que as atividades de mineração se dão preferencialmente na área do Cristalino. Nesta região, os contaminantes de interesse serão os metais de toxicologia relevante. A agricultura de cultura permanente está relacionada à de castanha de caju em 10 municípios. A agricultura temporária importante é relativa à cultura do milho e da soja, principalmente em municípios dos cerrados piauienses, da região da Gurguéia, no Sedimentar. A análise das atividades pecuárias mostram que a avicultura é expressiva. Dados adicionais, como o uso para abastecimento humano e potencial contaminação por patógenos fecais serão inseridos no SIG para orientação de poços a serem amostrados.

Os resultados desta fase do trabalho irão contribuir na discussão sobre a esperada qualidade da água subterrânea e sua relação de causa e efeito direta ou indireta com o meio natural e antrópico ao seu redor. Na medida em que a comparação do comportamento da distribuição espacial das diferentes camadas de informações estiver concretizada e sua conseqüente análise espacial concluída, contribuirá fornecendo um subsídio físico-geográfico consistente para a gestão dos recursos hídricos, principalmente das águas subterrâneas.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA. **Água Subterrânea minimização das conseqüências da seca no nordeste**. Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: <http://www.abas.org.br/imagens/publicacoes/estudos_sedezero.PDF>

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água: panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2007. (Cadernos de Recursos Hídricos, 5). 1 CD-ROM.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Projeto Áridas: Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste.** GT-II - Recursos Hídricos. GT-2.6 - Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. 1995. 62p. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/download/download.asp?endereco=/pdf/estruturahidrica/projeto_ari_das/gt2/2_0_coordenadorppbvieira.pdf&nome_arquivo=2_0_coordenadorppbvieira.pdf>

BRASIL, Ministério de Minas e Energia (MME). Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Serviço Geológico do Brasil - CPRM; Piauí (Estado). Secretaria do Trabalho e do Desenvolvimento Econômico, Tecnológico e Turismo – SEDETUR. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí – CEPRO. **Diagnóstico e Diretrizes Para o Setor Mineral do Piauí.** Parte I – Caracterização geral do Estado. 2005. 78p.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia (MME). Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Serviço Geológico do Brasil - CPRM; Piauí (Estado). Secretaria do Trabalho e do Desenvolvimento Econômico, Tecnológico e Turismo – SEDETUR. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí – CEPRO. **Diagnóstico e Diretrizes Para o Setor Mineral do Piauí.** Parte II – Diagnóstico do Setor Mineral do estado do Piauí. 2005-b. 150p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH.** Brasília, DF: BRASIL. 2006-c.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas.** 2006-d. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>

CASTILHOS, Z. C. et al. **Avaliação de risco à saúde humana.** Rio de Janeiro: CETEM, 2005. 57p.

FEITOSA, F. A. C. et al. **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações.** 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008. 812p.

FERRERO, A. H. O preço do passivo ambiental. **Águas Subterrâneas.** Campinas. Ano 2 – n. 10. Maio/Junho 2009.

GIMENO-GARCÍA E. et al. **Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils.** Environmental Pollution 92, 1996. 19-25p.

LIMA, O. P. de, **Proposta metodológica para o uso do Cadastro Técnico Multifinalitário na Avaliação de Impactos Ambientais**. Florianópolis, SC: UFSC, 1999. Dissertação de Mestrado na Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

MATSCHULLAT, J. **Arsenic in the geosphere: a review**. Science of the Total Environment, 2000. 297-312p.

PEREIRA, P. A. S., **Rios, redes e regiões: a sustentabilidade a partir de um enfoque integrado dos recursos terrestres**. Porto Alegre: AGE, 2000. 78p.

SILVA, J. X. & ZAIDAN, R. T. (orgs). **Geoprocessamento e Análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368p.